

УДК 669.15

**Ю. В. Сарычева\*, А. А. Куклина, П. Д. Лебедев,  
М. В. Майсурадзе, Ю. В. Юдин**

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

\**yu.sarycheva92@yandex.ru*

Научный руководитель — д-р техн. наук, проф. *Ю. В. Юдин*

## ЛОГИСТИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ КИНЕТИКИ РОСТА НОВОЙ ФАЗЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Методом множественной линейной регрессии выбрана аналитическая модель, при регулировании параметров которой логистическая функция существенно лучше описывает рост новой фазы по сравнению с уравнением Колмогорова–Аврами (КДМА).

*Ключевые слова:* уравнение КДМА, логистическая функция.

**Yu. V. Sarycheva, A. A. Kuklina, P. D. Lebedev,  
M. V. Maisuradze, Yu. V. Yudin**

## LOGISTIC FUNCTION OF NEW PHASE GROWTH KINETICS, DETERMINATION OF ITS OPTIMAL PARAMETERS

The analytical model was chosen by the method of multiple linear regression, with the regulation of the parameters of which the logistic function describes the growth of the new phase much better than the Kolmogorov-Avrami equation (KJMA).

*Key words:* KJMA equation, logistic function.

**Д**ля сравнения качества аппроксимации уравнением КДМА и логистической функцией (рис., а) использовалась компьютерная модель расчета кинетики фазового перехода в кристалле [1].

В объеме с числом ячеек  $400 \times 400 \times 400$  с сгенерированным распределением кубических зародышей происходит образование второй фазы

путем присоединения к свободным граням новых частиц второй фазы. Первоначально выбранный режим программы смещает зародыши в сторону одной из граней с заданным коэффициентом сдвига, обеспечивая существенную локальную неоднородность концентрации зародышей.

Регулируемые параметры программы: первоначальное количество зародышей 100...800 усл. ед., среднее расстояние между ближайшими зародышами 33...74 усл. ед., среднее квадратичное отклонение расстояния зародышей относительно друг друга 2...22 усл. ед.

С помощью регрессионного анализа обоснована модель (1), позволяющая регулированием параметров обеспечить существенно лучшее аналитическое описание процесса имитационного моделирования роста второй фазы при существенно неравномерном начальном распределении зародышей.

$$\frac{f_{\text{КДМА}}}{f_{\text{лог}}} = -53 + 1,23 \cdot 10^{-1} \cdot N - 4,85 \cdot 10^{-2} \cdot S \cdot l - 8,04 \cdot 10^{-5} \cdot N^2 + 2,41 \cdot 10^{-2} \cdot l^2, \quad (1)$$

где  $N$  — первоначальное количество зародышей,  $l$  — среднее расстояние между зародышами,  $S$  — среднее квадратичное отклонение расстояния между ближайшими зародышами,  $f_{\text{КДМА}}$  — сумма квадратов отклонений доли превращения, рассчитанной по уравнению Колмогорова-Джонсона-Мела-Аврами, от результатов имитационного моделирования,  $f_{\text{лог}}$  — сумма квадратов отклонений для логистической функции. Проверка адекватности модели (1) приведена на рис., б.

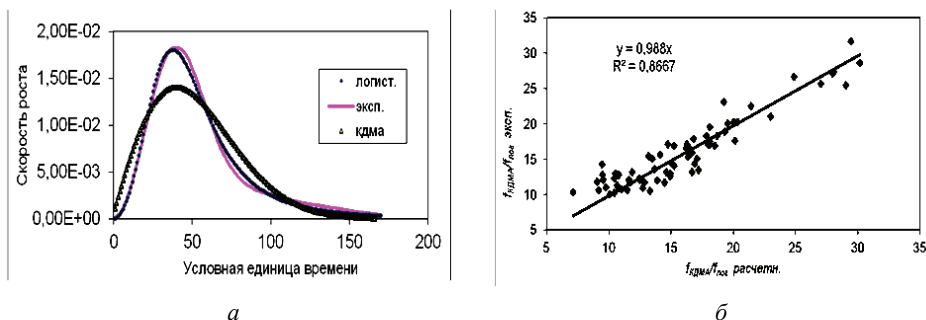


Рис. Кинетика роста новой фазы:

*a* — скорость роста новой фазы по уравнению КДМА, логистической функции и расчетно-экспериментальными данными; *б* — соотношение расчетных и расчетно-экспериментальных данных по модели (1)

### **Литература**

1. Применение имитационного моделирования для оценки характеристик изотермического превращения аустенита в сталях / Ю. В. Юдин [и др.] // Сталь. 2018. № 10. С. 56–63.
2. Куikliна А. А. Расчетно-экспериментальная кинетика бейнитного превращения среднеуглеродистых конструкционных сталей в изотермических условиях и при непрерывном охлаждении: автореф. дис. канд. техн. наук. Екатеринбург : УрФУ, 2018. 24 с.